

517,276

09 DEC 2004

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
18. Dezember 2003 (18.12.2003)

PCT

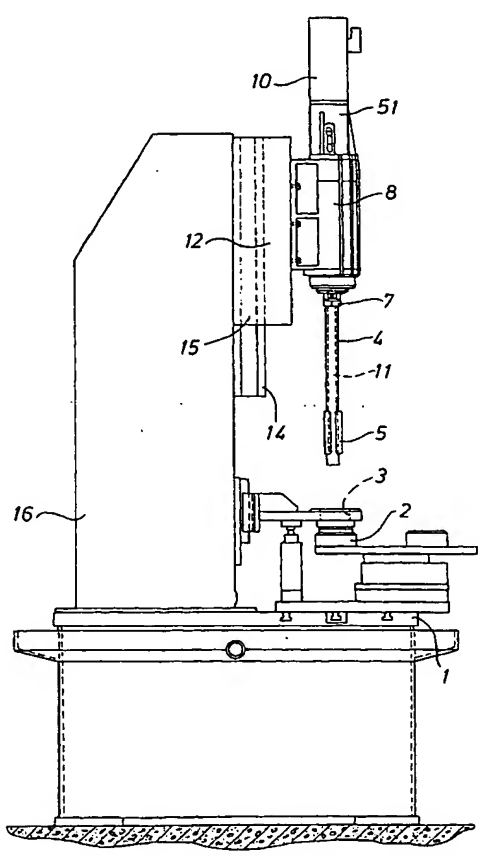
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 03/103896 A1

- |  |                |   |
|--|----------------|---|
| (51) Internationale Patentklassifikation <sup>7</sup> :<br>41/02, B23Q 5/10, 5/28, B24B 41/04  | B24B 33/02,    | (72) Erfinder; und  |
| (21) Internationales Aktenzeichen:   | PCT/EP03/00379 | (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KLEIN, Gerhard<br>[DE/DE]; Reuderner Strasse 18, 72644 Oberboihingen<br>(DE).  |
| (22) Internationales Anmeldedatum:<br>16. Januar 2003 (16.01.2003)   |                | (74) Anwalt: DREISS, Uwe; Dreiss, Fuhlendorf, Steimle &<br>Becker, Postfach 10 37 62, 70032 Stuttgart (DE).   |
| (25) Einreichungssprache:  | Deutsch        | (81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.   |
| (26) Veröffentlichungssprache:   | Deutsch        | (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,<br>BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,<br>HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR). |
| (30) Angaben zur Priorität:<br>102 25 514.8 10. Juni 2002 (10.06.2002) DE  |                | Veröffentlicht:<br>— mit internationalem Recherchenbericht<br>— mit geänderten Ansprüchen   |
| (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von<br>US): KADIA PRODUKTION GMBH + CO. [DE/DE];<br>Fabrikstrasse 2, 72622 Nürtingen (DE). |                |   |

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: MACHINE FOR SUPERFINISHING BY HONING

(54) Bezeichnung: MASCHINE ZUR FEINSTBEARBEITUNG DURCH HONEN



(57) Abstract: The invention relates to a honing machine for superfinishing workpieces e.g. by honing using a tool spindle (7) which can be rotatably driven and can receive a tool, and a motor which rotates the tool spindle, said tool spindle (12) being arranged on a carriage (12) which can be displaced on a machine frame (16), by means of a drive device, in the direction of the rotational axis of the tool spindle. Said drive device consists of a plane primary part (13) and a secondary part (17) of an electric linear motor (18), said secondary part being linearly displaceable on the primary part. One (13) of the components primary part/secondary part (13, 17) of the linear motor (18) is arranged on the machine frame (16), and the other (17) on the carriage (12).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Honmaschine zur Feinstbearbeitung von Werkstücken z.B. durch Honen mit einer drehantreibbaren Werkzeugspindel (7), in die ein Werkzeug aufnehmbar ist, und einem Motor, der die Werkzeugspindel dreht, bei dem die Werkzeugspindel auf einem Schlitten (12) angeordnet ist, der durch eine Antriebseinrichtung an einem Maschinenrahmen (16) in Richtung der Drehachse der Werkzeugspindel verfahrbar ist. Die Antriebseinrichtung wird durch einen aus einem ebenen Primärteil (13) und einen darauf linear verschiebbaren Sekundärteil (17) eines elektrischen Linearmotors (18) gebildet, wobei eine (13) der Komponenten Primärteil/Sekundärteil (13, 17) des Linearmotors (18) an dem Maschinenrahmen (16), die andere (17) der Komponenten am Laufschlitten (12) angeordnet sind.

WO 03/103896 A1

WO 03/103896 A1



*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

**Titel: Maschine zur Feinstbearbeitung durch Honen**

### **Beschreibung**

Die Erfindung betrifft eine Maschine zur Feinstbearbeitung von Werkstücken durch Honen oder Feinstschleifen nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Dabei kommen Honmaschinen in Betracht, bei denen ein mit einem entsprechenden Belag (z.B. aus Diamanten oder Korund) belegtes Hon-Werkzeug in eine Bohrung eingeführt und gleichzeitig gedreht und hin und her bewegt wird, so dass die Innenfläche der Bohrung bearbeitet wird. Um dem Abrieb der Honwerkzeuge Rechnung zu tragen, sind diese u.a. so ausgebildet, dass sie mit einem Honbelag versehene Honleisten aufweisen, die durch eine mit dem Honwerkzeug mitdrehende jedoch innerhalb desselben axial verschiebbare Aufweitstange in radialer Richtung verstellt werden können.

Es kommen weiter auch solche Maschinen in Betracht, bei denen ein Werkstück in einer Richtung, die gleich der Achsrichtung der Drehbewegung des Werkzeugs ist, auf das Werkstück zugestellt werden muss. Dies können sowohl Honwerkzeuge (z.B. beim sog. "Dornhonen") als auch Läppwerkzeuge sein. Es können aber auch Feinstschleifwerkzeuge sein, um z.B. bereits vorgeschliffene Ventilsitzflächen einer abschließenden Feinstbearbeitung zu unterziehen, bei der genau definiert nur wenige Mikrometer abgetragen werden und gleichzeitig eine Oberflächenverbesserung erzielt werden müssen.

Bei Honmaschinen erfolgt bisher die Hubbewegung des die Honspindel tragenden Laufschlittens im Allgemeinen durch einen hydraulischen Antrieb, während die Drehbewegung der Honspindel und damit auch die des darin aufgenommenen

Honwerkzeugs durch einen üblichen Elektromotor herbeigeführt wird. Beim Honen entsteht durch die gleichzeitige Drehbewegung und Hubbewegung des Honwerkzeugs ein für diese Bearbeitung typisches Kreuzschliffmuster an der zu bearbeitenden Oberfläche, das für die Trag- und Schmiereigenschaften des bearbeiteten Werkstücks, sowie für die Genauigkeit der Einpassung weiterer Bauteile (z.B. Kolben) und von Bedeutung ist. Bei der Bearbeitung kleiner Bohrungen von nur wenigen Millimeter Durchmesser und gleichzeitiger Steigerung der Drehgeschwindigkeit des Honwerkzeug zur Verkürzung der Bearbeitungszeit muss die Hubgeschwindigkeit entsprechend gesteigert werden. Die zur Herbeiführung der Hubbewegung eingesetzten hydraulischen Antriebe kommen dabei an ihre systemimmanenten betriebsmäßigen Grenzen hinsichtlich Geschwindigkeit und Umsteuerbarkeit. Das gilt umso mehr, wenn auch die Hübe klein sind, wie dies der Fall ist, wenn auch die Bearbeitungstiefe der Bohrungen im Bereich von wenigen Millimetern liegt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, diese Nachteile zu vermeiden. Insbesondere sollen Mittel zur Durchführung der Hubbewegung bereitgestellt werden, die höhere Hubgeschwindigkeiten bei Einhaltung hoher Umsteuergenauigkeiten ermöglichen, so dass auch kleine und kurze Bohrungen mit hoher Drehgeschwindigkeit des Honwerkzeugs genauer und schneller als seither bearbeitet werden können. Diese Aufgabenstellung beinhaltet auch das Problem, mit dem die Honspindel tragenden Laufschlitten exakt sehr kurze Zustellwege zu realisieren, wie z.B. beim Feinstschleifen von Ventilsitzflächen. Außerdem soll eine Vereinfachung des gesamten Aufbaus durch weniger bewegte Teile und damit auch eine Kostensenkung erreicht werden.

Erfindungsgemäß erfolgt die Lösung dieser Aufgabe mit den im Kennzeichen des Patentanspruches angegebenen Mitteln.

Es wird also ein sog. Linearmotor verwendet, der höhere Hub- und Zustellgeschwindigkeiten zulässt, deutlich weniger Bauteile aufweist, genauer umsteuerbar ist und mit hoher Geschwindigkeit kurze Zustellwege ermöglicht.

Bei der Verwendung als Honmaschine, d.h. bei Benutzung eines Honwerkzeugs mit radial verstellbaren Honleisten, ergibt sich die Vereinfachung, dass dann auch die Aufweitstange zur radialen Verstellung der Honleisten, die von einer in der Honmaschine angeordneten Schubstange betätigt wird, sehr viel einfacher als seither durch einen Servomotor bewirkt werden kann, den man vorzugsweise koaxial an das Kupplungsgehäuse anflanschen kann, das wiederum seinerseits in linearer Verlängerung des Spindelgehäuses angeordnet werden kann. Die Verstellung der Schubstange kann dann vorzugsweise auch durch einen weiteren Linearantrieb erfolgen. Dann lässt sich die Erfindung auch dazu einsetzen, kleinste genau definierte Zustellbewegung eines Feinstschleifwerkzeuges, z.B. zur Bearbeitung eines Ventilsitzes, schnell und exakt durchzuführen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im Folgenden unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher beschrieben. Es stellen dar:

Figur 1 eine schematische Ansicht einer Honmaschine, die Ausführungsbeispiel der Erfindung ausgestaltet ist;

Figur 2 eine - im Vergleich zu Figur 1 um 90° gekippte - Darstellung des Honspindelgehäuses 8, der Honspindel 7, des Laufschlittens 12 und der Laufschienen 14, mit denen der die Laufschienen 14 tragende Träger 15 am Maschinenrahmen 16 angeordnet ist;

Figur 3 eine Ansicht in Richtung der Pfeile III-III in Figur 2;

Figur 4 einen Schnitt durch das Spindelgehäuse 8;

Figur 5 einen Schnitt durch das an das Spindelgehäuse 8 angeflanschte Kupplungsgehäuse 51;

Figur 6 einen Schnitt durch das Kupplungsgehäuse 51 bei einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung, das insbesondere für kleine Zustellbewegungen in axialer Richtung geeignet ist,

Figur 7 eine Ansicht in Richtung der Pfeile VII-VII in Figur 6;

Figur 8 eine schematische Darstellung eines Werkstücks 301 und eines dazu gehörigen Werkzeugs 300, wie es mit dem Ausführungsbeispiel nach den Figuren 6 und 7 eingesetzt werden kann.

Figur 1 zeigt eine einer Honmaschine. Auf einer Bearbeitungsplattform 1 ist ein Werkstück 2 aufgespannt, dessen Bohrung 3 gehont werden soll. Das Honwerkzeug 4, das in einem Konus 6 am Ende der Honspindel 7 aufgenommen wird, wird mit der Honspindel 7 auf- und abbewegt. Dadurch wird in bekannter Weise der Hub des Honvorgangs, wie er Teil des Honverfahrens ist, durchgeführt. Die Axialverschiebung der Honspindel 7 dient der Erzeugung dieses Hubes. Das Honwerkzeug 4 weist radial verstellbare Honleisten 5 auf. Die Honspindel 7 wird von einem Elektromotor 9, der in das Spindelgehäuse 8 integriert ist, angetrieben. Am (in Figur 1) oberen Ende des Spindelgehäuses 8 ist ein Kupplungsgehäuse 51 und an diesem ein Servomotor 10 koaxial angeflanscht. Der Servomotor 10 dient zur Achsialverschiebung einer Aufweitstange 11, die in dem Honwerkzeug 4 angeordnet ist und

die durch die sich drehende Honspindel 7 hindurch eine radiale Verstellung der Honleisten 5 bewirkt.

Das Spindelgehäuse 8 ist auf einem Laufschlitten 12 angeordnet, in den der Primärteil 13 eines Linearmotors so integriert ist. Der Primärteil 13 bildet zusammen mit dem Sekundärteil 17, der in dem sich vertikal erstreckenden Träger 15 integriert ist (vgl. Figur 3), einen Linearmotor 18. Dieser Linearmotor 18 bewirkt die Hubbewegung des Spindelgehäuses 8. Der Träger 15 ist an den Maschinenrahmen 16 angebaut. Der Laufschlitten 12 mit dem integrierten Primärteil 13 ist auf Laufschiene 14 auf und ab beweglich. Die Laufschiene 14 ist am Träger 15 fest angeordnet. Der Primärteil 13 ist der bewegte Teil und der Sekundärteil 17 der ortsfeste Teil des Linearmotors 18.

Die Verwendung eines Linearmotors, dessen beweglicher Teil die Honspindel trägt und damit die Hubbewegung mit der erforderlichen Geschwindigkeit und Umsteuergenauigkeit ausführt, ist von großer Bedeutung. Zur Bearbeitung der Bohrung 3 wird das Spindelgehäuse 8 mit der Honspindel 7 und dem darin aufgenommenem Honwerkzeug 4 so weit abgesenkt, dass die Honleisten 5 in die Bohrung 3 eintauchen. Dann wird die Honspindel 8 gleichzeitig hin und her (auf und ab) bewegt und gedreht. Die beiden Bewegungen werden so aufeinander abgestimmt, dass auf der Werkstückoberfläche das für das Honen typische "Kreuzschliffmuster" mit einem Winkel von z.B.  $10^\circ$  bis  $50^\circ$  entsteht. Um dies zu erreichen, ist bei kleinen Durchmessern der zu bearbeitenden Bohrung und hohen Drehzahlen eine relativ schnelle Auf- und Abbewegung der Honspindel 8 erforderlich, die durch den Linearmotor 18 gewährleistet wird. Mit einer erfindungsgemäßen Honmaschine können z.B. bei einer Hublänge von 80 mm eine Hubgeschwindigkeit von 50 m/min bei einer Umsteuergenauigkeit von  $\leq 0,05$  mm (Umsteuern ist der Wechsel von der Bewegung in der einen Richtung in die umgekehrte Richtung) oder bei einer

Hublänge von 20 mm eine Hubgeschwindigkeit von 25 m/min bei einer Umsteuergenauigkeit von  $\leq 0,04$  mm realisiert werden.

Wie aus Figur 3 zu ersehen, ist der Primärteil 13 des Linearmotors 18 auf dem Träger 15 mit Schrauben 19 befestigt. Die Laufschiene 14 ist auf dem Träger 15 mit Schrauben 20 befestigt. Das Profil der Laufschiene 14 entspricht dem Profil der Gleitelemente 21, die mit Schrauben 22 am Laufschlitten 12 befestigt sind. Im Laufschlitten 12 ist der Primärteil 13 des Linearmotors 18 mit Schrauben 23 befestigt.

Der Aufbau von Linearmotoren ist dem Fachmann geläufig. Eine genauere Beschreibung ist daher hier nicht erforderlich. Linearmotoren können von verschiedenen Herstellern bezogen werden. Es handelt sich dabei um Antriebselemente, die aus einem normalen Drehstromelektromotor gedanklich dadurch entstehen, dass man den Stator "aufschneidet" und in eine Ebene abwickelt. Der Rotor ist ebenfalls flächig ausgebildet, so dass er sich entlang der linearen Erstreckung des Stators bewegt und zwar entsprechend dem entlang den Wicklungen des Stators wandernden elektromagnetischen Wechselfeld. Im vorliegenden Fall entspricht der Primärteil 13 dem Stator, der Sekundärteil 17 dem Rotor eines Elektromotors. Es handelt sich um eine Synchronmaschine, die als Langstatormotor ausgeführt ist. Die Steuerung der Geschwindigkeit erfolgt über eine Frequenzvariation in Umrichtern einer zugeordneten Steuerung. Eine - programmierbare - Steuerung (nicht gezeigt) erlaubt die Einstellung entsprechender Geschwindigkeiten wie oben angegeben.

Am Träger 15 ist mit Schrauben 170, von denen nur eine sichtbar ist, ein Traggestell 171 befestigt, auf dem mit Schrauben 172 ein Messwertgeber 173 angeordnet ist. Er enthält in an sich bekannter Weise Messmarkierungen (nicht dargestellt), die bei Bewegung des Laufschlittens 12 senkrecht zur Zeichenebene der Figur 3 in entsprechenden am

Laufschlitten angebrachten Sensoren (nicht gezeigt) Messsignale erzeugen, die die momentane Position des Laufschlittens 12 anzeigen und an die Steuerung (nicht gezeigt) weitergeben. 174 ist eine Abdeckplatte.

Der Aufbau des Spindelgehäuses 8 ergibt sich aus Figur 4. In das Spindelgehäuse 8 ist der Elektromotor 9 integriert. Er bewirkt die Drehung der Honspindel und besteht aus Stator 25 mit Wicklungen 25' und Rotor 26. Der Stator 25 ist in eine Hülse 37 eingepresst, die mittels Schrauben 36 mit den Stirnplatten 33, 34 verschraubt ist (nur bei 34 gezeigt). Der Rotor 26 ist außen auf die Honspindel 7 aufgespresst. Die Stromversorgung des Stators 25 erfolgt über die Anschlüsse 27. Der Rotor 26 ist ein Permanentmagnet. Mittels Schrauben 30 ist das Spindelgehäuse 8 mit dem Laufschlitten 12 verschraubt. Die Lagerung der Honspindel 7 im Spindelgehäuse 8 erfolgt durch Lager 31 bzw. 32 in einer vorderen bzw. einer hinteren Stirnplatte 33 bzw. 34. Die Stirnplatten 33 bzw. 34 sind mit dem Spindelgehäuse 8 mittels Schrauben 35 verschraubt. In der Hülse 37 befindet sich ein wendelförmiger Kühlkanal 38, dem über die Kühlmittelzuleitung 39 Kühlmittel zugeführt wird. Die Ableitung des Kühlmittels ist nicht dargestellt; sie befindet sich auf der anderen Seite.

Das sich links an die Anschlussplatte 34 anschließende radiale Kupplungsgehäuse 51, und der zur Verstellung der Aufweitstange 11 der Honleisten 5 des Honwerkzeugs 4 dienende Servomotor 10 ist in den Figuren 4 und 5 dargestellt.

Die Honspindel 7 ist durchgehend mit einer Bohrung 40 versehen, in der die Schubstange 110 in Achsrichtung verschiebbar angeordnet ist. Am rechten Ende der Schubstange 110 ist eine Bohrung 112 mit Innengewinde vorgesehen, in die die Aufweitstange 11 fest eingeschraubt wird, so dass Schubstange 110 und Aufweitstange 11 eine Einheit bilden und gemeinsam in Längsrichtung (Achsrichtung) der Drehachse

verschiebbar sind. Damit erfolgt eine radiale Verschiebung der Honleisten 5 nach außen. Derartige Honwerkzeuge 4 sind bekannt. Sie funktionieren derart, dass die Honleisten durch Federn radial nach innen gezogen werden und auf ihrer Innenseite schräg verlaufende Stellflächen aufweisen, die mit entsprechend schräg verlaufenden Stellflächen am Ende der Aufweitstange 11 so zusammenwirken, dass sich bei axialer Verschiebung der Aufweitstange 11 die radiale Verstellung der Honleisten 5 ergibt (Spreizmechanismus).

Die Schubstange 110 und mit ihr die Aufweitstange 11 drehen sich mit der Honspindel 7 mit, sind aber gleichwohl in ihr, wie erwähnt, axial (in Längsrichtung) verschiebbar. Dies ist dadurch verwirklicht, dass die Schubstange 110 von einem Stift 46 durchsetzt ist, dessen Enden in gegenüberliegenden Nuten 46' in der Honspindel 7 geführt sind. In der Honspindel 7 hat die Bohrung 40 einen Absatz 43, an den ein Ring 41 durch eine Feder 45 angedrückt wird, die sich mit ihrem anderen Ende am Stift 46 abstützt. In Ruhestellung wird die Schubstange 110 durch die Feder 45 in ihre in Figur 4 gezeigte äußerste obere Lage gedrückt. Die Schubstange 110 kann dann gegen die Kraft der Feder 45 nach unten verschoben werden, und zwar wenn der Stößel 47 soweit nach unten bewegt worden ist, dass er den Boden 48' der Ausnehmung 48 nach unten drückt. Dann wird auch die Schubstange 110 nach unten gedrückt.

Der Stößel 47 ist Fortsatz eines Kupplungsstückes 49, in dessen axiale Ausnehmung 49' die Abtriebswelle 150 des Servomotors 10 hineinragt. Die Kopplung in Drehrichtung bei gleichzeitiger Verschiebbarkeit in Längsrichtung erfolgt durch eine Nut-/Federverbindung, gebildet durch eine Nut 151 und den Keil ("Feder") 152.

Das Kupplungsgehäuse 51 ist mit der vorderen Stirnplatte 34 des Spindelgehäuses 8 verschraubt. Die Schrauben sind nicht

gezeigt. In das Kupplungsgehäuse 51 ist eine Hülse 52 eingesetzt. Die Hülse 52 dreht sich mit dem Kupplungsgehäuse 51 mit und ist in diesem axial verschiebbar, da ein entlang des in die Hülse 52 eingeschraubter und radial über diese hervorstehender Klotz 160 in eine Nut 161 in der Hülse 53 hineinragt und in dieser geführt ist. Eine Verschiebung der Hülse 52 gegenüber dem Kupplungsgehäuse 51 um den Hub H ist somit möglich. In der Hülse 52 ist das obere Ende der Schubstange 110 mittels Lager 165 drehbar gelagert. Die Innenschalen der Lager 165 sind mit der Schubstange fest verbunden. Zur Sicherung des Lagers 165 ist ein Deckel 166 mit der Schubstange 110 verschraubt.

In der Hülse 52 ist ferner eine Verstellhülse 53 mit dieser mitdrehend und in Längsrichtung verschiebbar und verstellbar aufgenommen. Diese Verbindung erfolgt auch durch eine Nut-/Federverbindung, gebildet durch den Keil 54 und die Nut 55. Die Verstellhülse 53 ist von einer Bohrung durchsetzt, die ein Innengewinde 56 aufweist. In dieses greift ein Außengewinde 56' des Stößels 47 ein. Die Verstellhülse 53 ist in der Hülse 52 durch einen Deckel 167 gesichert, der mit der Hülse 52 verschraubt ist. Dreht sich also der Servomotor 10 und demgemäß auch seine Abtriebswelle 150, so dreht sich in Folge der Nut-/Federverbindung 151, 152 auch das Kupplungsstück 49. In Folge des Eingriffs der Gewinde 56, 56' verschiebt sich das Kupplungsstück 49 in Axialrichtung und mit ihm der Stößel 47 in Längsrichtung (nach rechts). Drückt der Stößel 47 dann gegen den Boden 48' der Ausnehmung 48, so verschiebt sich die Schubstange 110 nach rechts gegen die Kraft der Feder 45 und mit ihr die Aufweitstange 11 und bewirkt so innerhalb des Honwerkzeugs 4, wie erwähnt, die radiale Verstellung der Honleisten 5.

170 ist eine einen Endschalter aufweisender Sensor, der die gezeigte Endlage der aus Hülse 52, Klotz 160, Lager 165 und Schubstange 110 bestehenden Endlage und ein entsprechendes

Messsignal an die Steuerung (nicht angezeigt) weitergibt.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel wird im Folgenden an Hand der Fig. 6 und 7 beschrieben. Bei ihm wird auch der Servomotor 10 durch einen Linearmotor ersetzt und dient zur Zustellung eines Feinstbearbeitungswerkzeuges 300, da am Ende der Stange 306 angeordnet ist. Diese ist mit der Schubstange 120 verbunden. Die Schubstange 120 ist mittels Lager 265 in der Verstellhülse 253 drehbar gelagert, wobei der Deckel 266 in die Verstellhülse 253 eingeschraubt sind, so dass die Schubstange 120 in der Verstellhülse 253 zwar drehbar aber nicht gegenüber ihr in axialer Richtung verschiebbar ist. Mit der Verstellhülse 253 ist der Läufer, d.h. der bewegliche Primärteil 201 eines weiteren Linearmotors 200, fest verbunden. Der Linearmotor 200 weist außerdem noch einen Sekundärteil (nicht gezeigt) auf. Es handelt sich dabei um eine Bauart eines Linearmotors, bei der der Läufer rund und der Innenraum des Stators ebenfalls rund ausgebildet sind. Derartige Bauformen von Linearmotoren sind auch per se bekannt. In ersichtlicher Weise kommt man also durch die Verwendung eines Linearmotors auch für die Stellbewegung der Schubstange 110 und mit ihr verbunden der Stange 306 mit sehr viel weniger Bauteilen aus, die auch einem weitaus geringeren Verschleiß unterliegen. Figur 7 zeigt die Aufhängung dieses weiteren Linearmotors 200 mit Hilfe einer Klemmplatte 210.

Das Ausführungsbeispiel mit axialer Zustellung der Stange 306 nach den Figuren 6 und 7 dient einer Bearbeitungsaufgabe, die an Hand von Figur 8 erläutert wird. Werkzeug ist ein keglicher Feinstschleifkörper 300 dient zur Bearbeitung einer Ventilsitzfläche 305. Die Ventilsitzfläche 305 muss dabei um ein definiertes Maß, z.B. einige hunderstel Millimeter, abgetragen werden, das z.B. mittels eines Sensor errechnet wird. Dabei sind gleichzeitig Form und Oberfläche zu verbessern. Der kegliche Feinstschleifkörper 300 ist an der Stange 306 angeordnet, die an ihrem Ende mit einem

Gewindezapfen 307 versehen ist. Dieser wird mit dem Ende der Schubstange 120 verbunden. Auf diese Weise können kleinste Zustellwege mit Hilfe des Servomotors 10 oder des weiteren Linearmotors 200 realisiert werden. Dies kann entweder in einem Hub oder mit mehreren kleinen Hübchen erfolgen, die intermittierend Anwendung finden, z.B. zum Ausfeuern nach nur relativ wenig Umdrehungen oder um jeweils nach einem Hub mit Kühlmittel zu spülen.

**Patentansprüche**

1. Maschine zur Feinstbearbeitung von Werkstücken durch Honen oder Feinstschleifen mit einer drehantreibbaren Werkzeugspindel, in die ein Werkzeug aufnehmbar ist, und mit einem Motor, der die Werkzeugspindel dreht, und bei der die Werkzeugspindel auf einem Schlitten angeordnet ist, der an einem Maschinenrahmen angeordnet und durch eine Verstelleinrichtung in Richtung der Drehachse der Werkzeugspindel verfahrbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verstelleinrichtung durch einen aus einem ebenen Primärteil (13) und darauf linear verschiebbaren Sekundärteil (17) bestehenden elektrischen Linearmotor (18) gebildet wird, wobei eine (13) der Komponenten Primärteil/Sekundärteil (13,17) des Linearmotors (18) an dem Maschinenrahmen (16), die andere der Komponenten an dem die Werkzeugspindel (7) tragenden Laufschlitten (12) angeordnet ist.
2. Maschine zur Feinstbearbeitung von Werkstücken durch Honen oder Feinstschleifen nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Linearmotor (18) ein frequenzgesteuerter Synchronmotor ist, dessen Primärteil (13) als Stator ausgebildet ist und dessen Sekundärteil (17) durch einen Permanentmagneten gebildet wird, und bei dem der Sekundärteil (17) in den die Werkzeugspindel (7) tragenden Laufschlitten (12) integriert ist, und bei der die Steuerung der Geschwindigkeit durch Frequenzumrichtung erfolgt.
3. Maschine zur Feinstbearbeitung von Werkstücken durch Honen oder Feinstschleifen nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Antrieb der Werkzeugspindel (7) durch einen durch Stator (25) und Rotor (26) gebildeten Elektromotor (9) erfolgt, wobei der Stator in dem von dem Laufschlitten (12) tragenden

Werkzeugspindelgehäuse (8) und der Rotor (26) außen auf der Werkzeugspindel (7) und innerhalb des Stators (25) angeordnet ist.

4. Maschine zur Feinstbearbeitung von Werkstücken durch Honen oder Feinstschleifen nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Zustellung eines Bearbeitungskörpers (5; 300) des Werkzeugs (4; 306) auf die zu bearbeitende Fläche des Werkstücks (3; 301) innerhalb der Werkstückspindel (7) eine Schubstange (110) mitdrehend und in Richtung der Drehachse (A) verschiebbar angeordnet ist, und dass die Verschiebung der Schubstange (110) durch einen elektrischen Servomotor (10) erfolgt, der an das die Werkstückspindel (7) umfassende Spindelgehäuse (8) angeflanscht ist, und dass ferner ein Getriebe (47, 49, 53) zwischen Servomotor (10) und Schubstange (110) angeordnet ist, das die Drehbewegung des Servomotors (10) in eine lineare Stellbewegung der Schubstange (110) umsetzt.
5. Maschine zur Feinstbearbeitung von Werkstücken durch Honen oder Feinstschleifen nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Servomotor (10) koaxial zur Drehachse (A) der Werkzeugspindel (7) angeordnet ist.
6. Maschine zur Feinstbearbeitung von Werkstücken durch Honen oder Feinstschleifen nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abtriebswelle (150) des Servomotors (10) eine Kupplungsstück (49) in Drehbewegung versetzt, das einen Abschnitt (47) aufweist, der mit einem Gewinde (56') versehen ist, das mit dem Gewinde (56) einer nicht drehbar, aber längsverschiebbaren Verstellhülse (53) zusammenwirkt, und bei Drehung der Abtriebswelle (150) das Kupplungsstück (49) in Längsrichtung verschiebt.

7. Maschine zur Feinstbearbeitung von Werkstücken durch Honen oder Feinstschleifen nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Zustellung eines Werkzeugs (300) auf die zu bearbeitende Fläche (305) des Werkstücks (301) innerhalb der Werkstückspindel (7) mitdrehend und in Richtung der Drehachse (A) verschiebbar gelagert eine Schubstange (120) angeordnet ist, und dass die Verschiebung der Schubstange (120) durch einen weiteren Linearmotor (200) erfolgt, dessen Läufer (201) auf eine Verstellhülse (253) einwirkt, die in Längsrichtung verschiebbar, aber nicht drehbar in einen an dem Spindelgehäuse (8) angeordneten Kupplungsgehäuse (51) gelagert ist und in der die Schubstange (120) drehbar aber nicht verschiebbar aufgenommen ist.
8. Maschine zur Feinstbearbeitung von Werkstücken durch Honen oder Feinstschleifen nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der weitere Linearmotor (200) in einer Klemmplatte (210) aufgenommen ist, die an das Kupplungsgehäuse (51) in linearer Fortsetzung desselben angeflanscht ist.
9. Maschine nach einem der Ansprüche 4 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Werkzeug ein Honwerkzeug (4) ist, das radial verstellbare Honleisten (5) aufweist, die durch eine Aufweitstange (11) verstellt werden, die mit der Schubstange (110) gekoppelt ist.
10. Maschine nach einem der Ansprüche 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass mit der Schubstange (120) gekoppelte Werkzeug ein Feinstschleifwerkzeug (300) ist, das in Richtung der Längsverschiebung der Schubstange (120) zum Eingriff mit dem Werkstück (301) kommt und dass das Feinstschleifwerkzeug (300) mit der Schubstange (120) in Richtung des Eingriffs mit dem Werkstück (301)

gekoppelt ist.

**GEÄNDERTE ANSPRÜCHE**

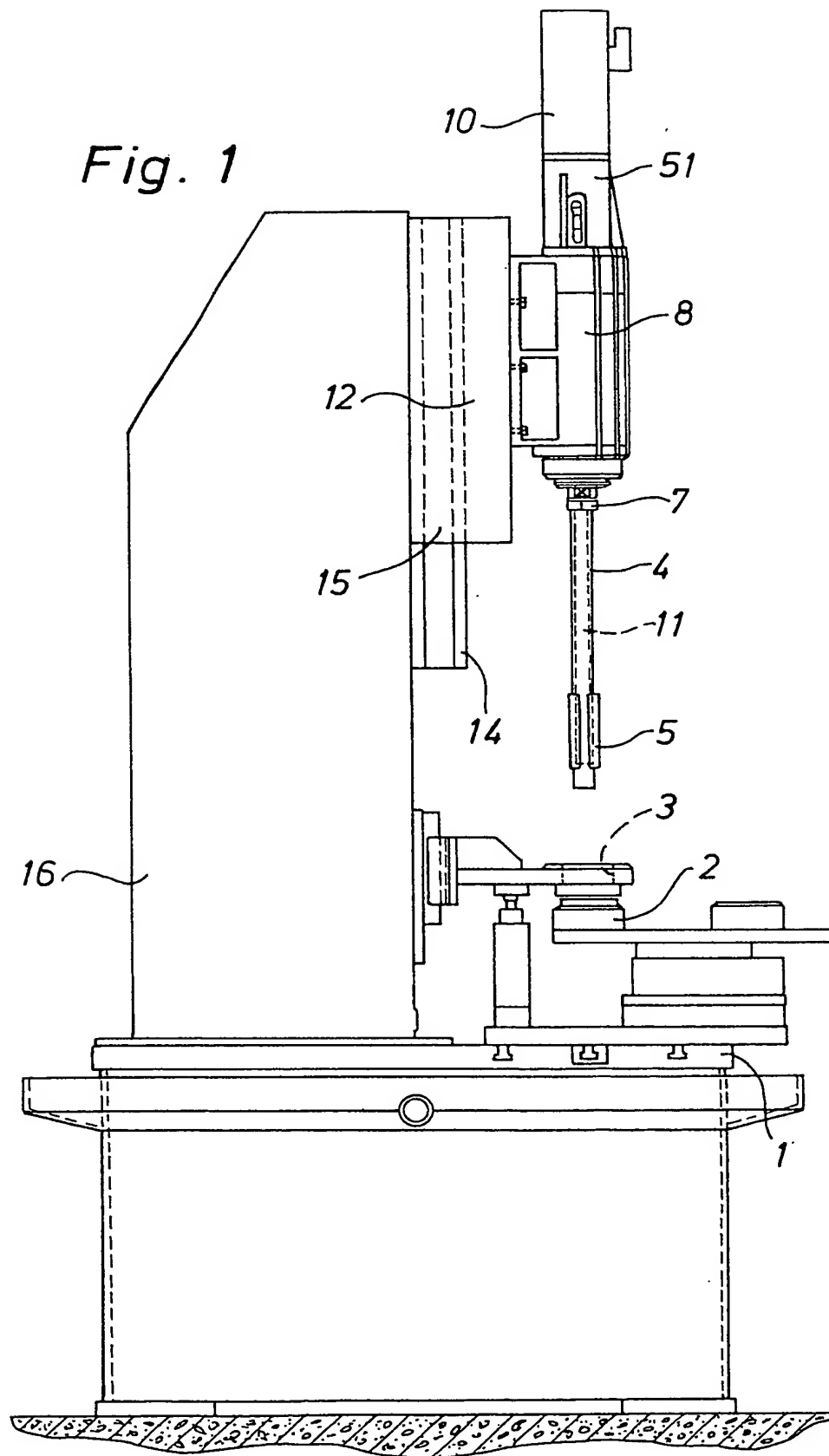
[beim Internationalen Büro am 04 July 2003.(04.07.03) eingegangen;  
ursprüngliche Ansprüche 1-10 durch geänderte Ansprüche 1-3 ersetzt (2 Seiten)]

**Patentansprüche**

1. Maschine zur Feinstbearbeitung von Werkzeugen durch Honen oder Feinstschleifen mit einer von einem Elektromotor antreibbaren in einem Spindelgehäuse gelagerten Honspindel, deren Hubbewegung durch einen Linearmotor bewirkt wird, an dessen bewegtem Teil das Spindelgehäuse angeordnet ist, und bei der in der Honspindel eine Stange, mitdrehend und in ihr durch einen Servomotor axial verschiebbar, angeordnet ist, die zur Aufweitung eines an der Honspindel angeordneten Honwerkzeugs oder als Träger eines Schleifköpers dient, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Elektromotor (9) durch einen in das Spindelgehäuse integrierten Stator (25) und einen in dem Stator (25)drehbaren Rotor (26) gebildet wird, in dem die Honspindel (7) angeordnet ist, und dass der Servomotor (10) an das Ende des Spindelgehäuses (8) koaxial angeflanscht ist.
2. Maschine nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass die Abtriebswelle (50) des Servomotors (10) in ein Kupplungsstück (49) eingreift und dieses dreht, dass das

Kupplungsstück (49) einen mit einem Außengewinde (56') versehenen Stößel (47) aufweist, der in das Innengewinde (56) einer Verstellhülse (53) eingreift, die sich bei Drehung des Kupplungsstücks (49) in Folge des Eingriffs der beiden Gewinde (56, 56') axial verschiebt, und mit der, im Getriebegehäuse (51) axial verschiebbar, jedoch nicht drehbar, eine weitere Hülse (52) verbunden ist, in der eine mit der erwähnten Stange (10) verbindbare Schubstange (110) drehbar angeordnet ist.

3. Maschine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Zustelleinrichtung durch einen Linearmotor (200) gebildet wird, dessen Läufer und Stator rund ausgebildet sind, wobei der Läufer im Stator angeordnet und mit der genannten Hülse (22) verbunden ist.



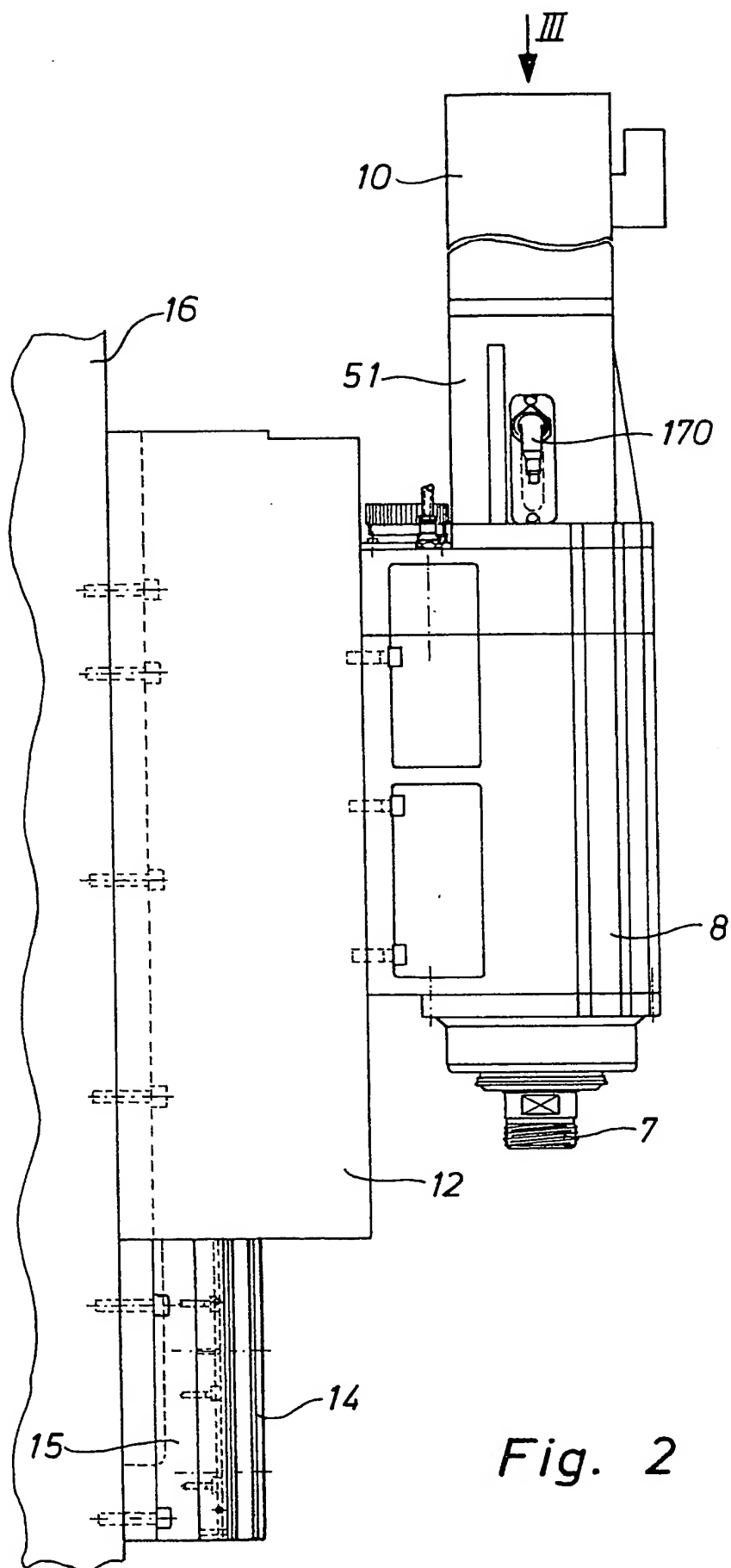


Fig. 2

3 / 7

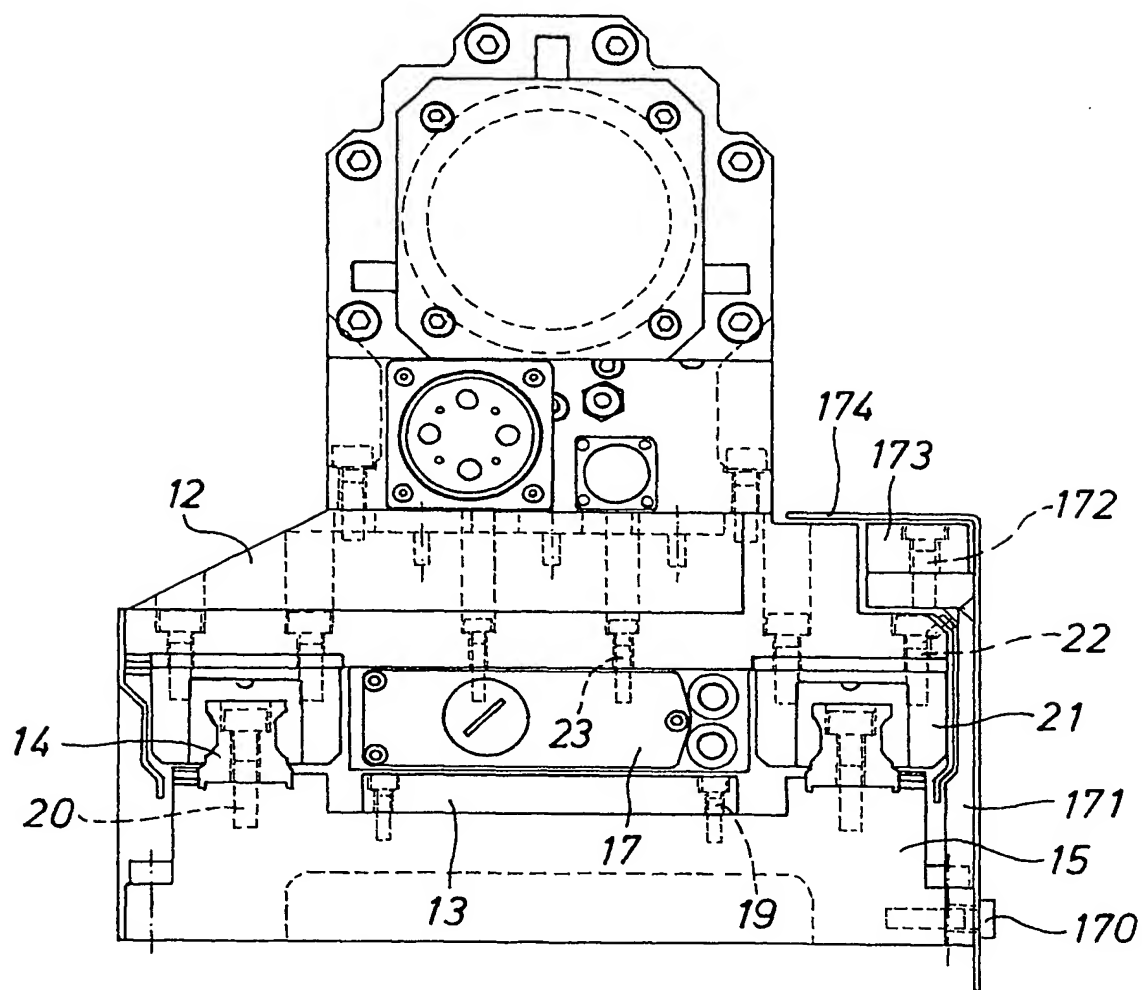
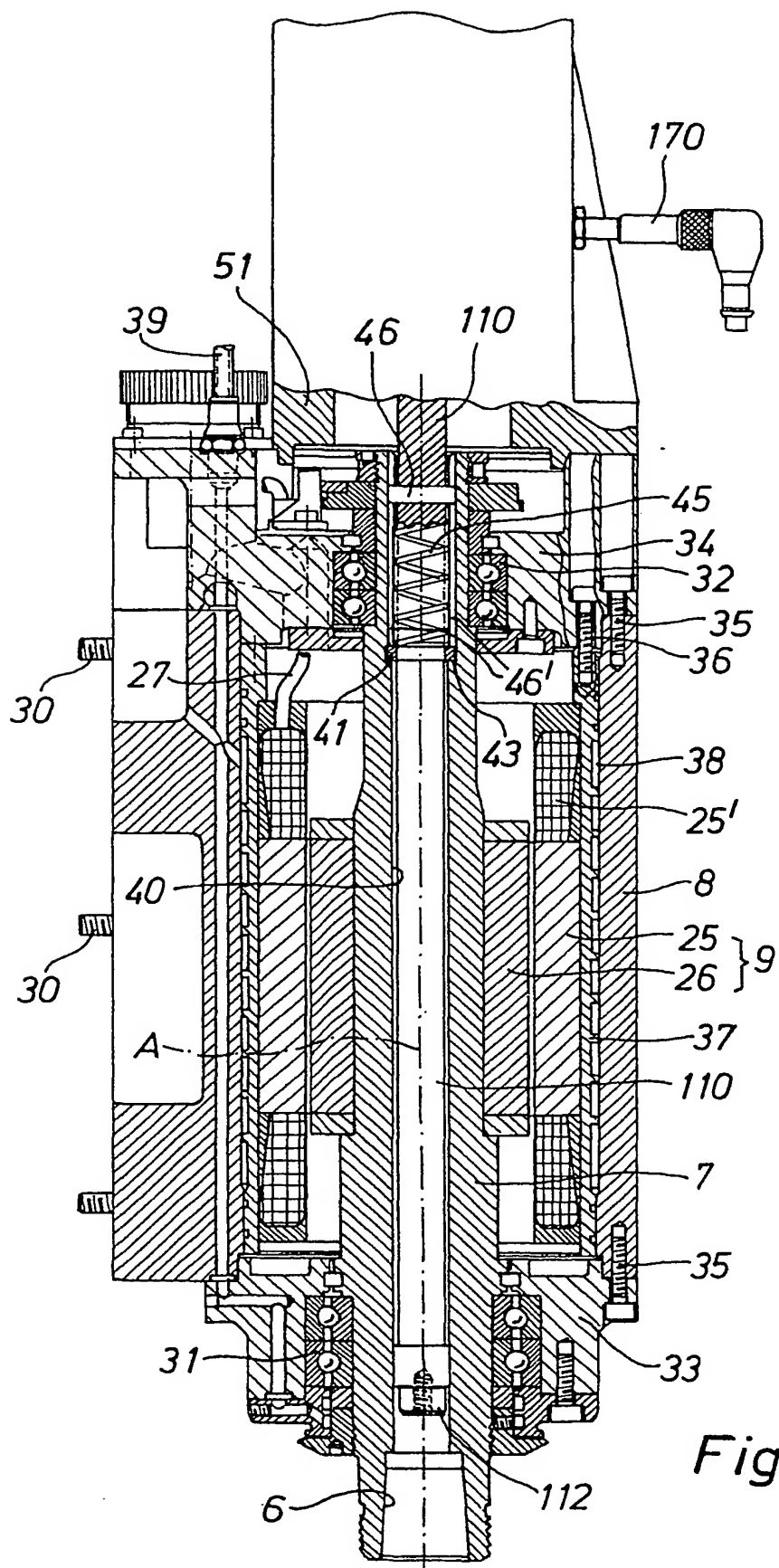


Fig. 3

4/7



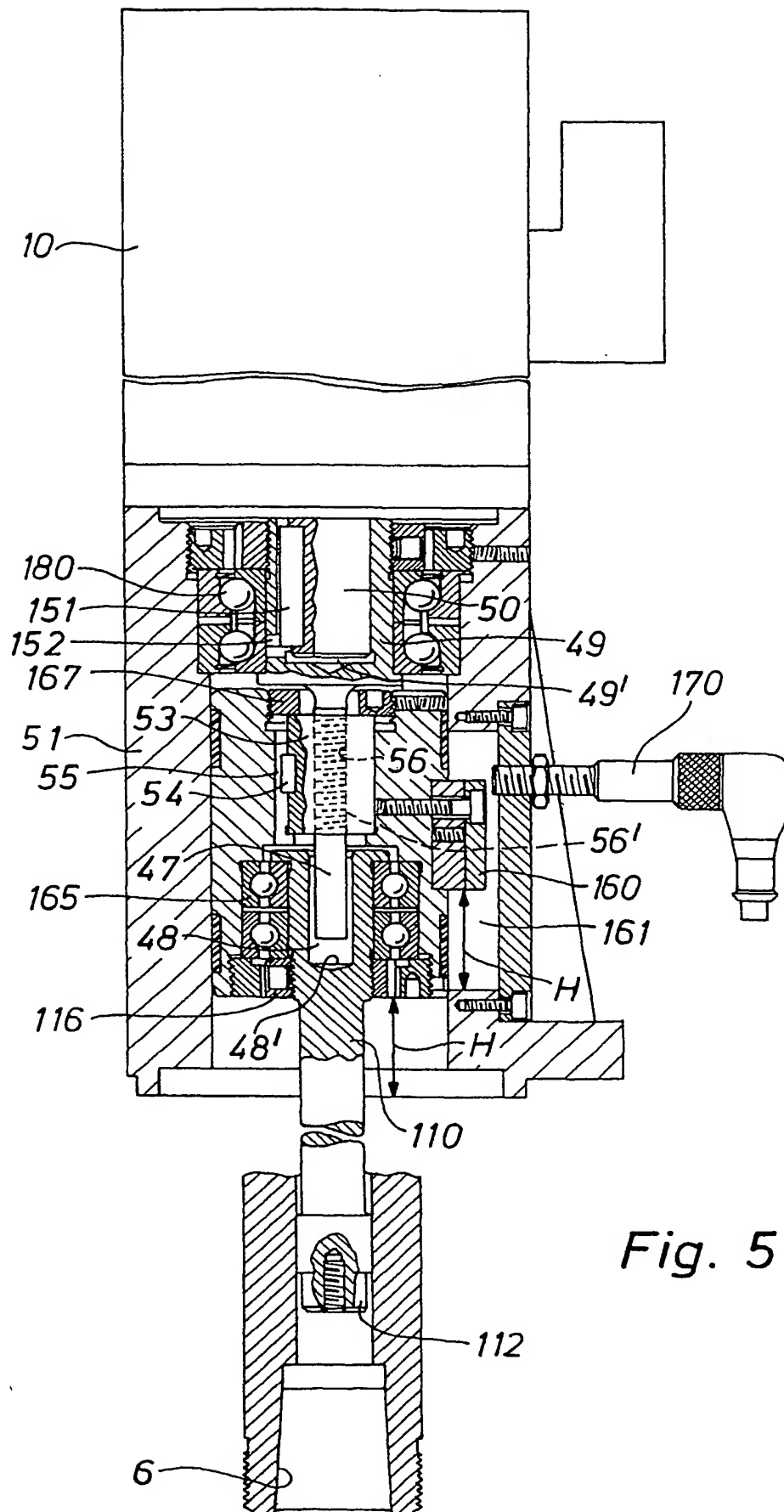


Fig. 5

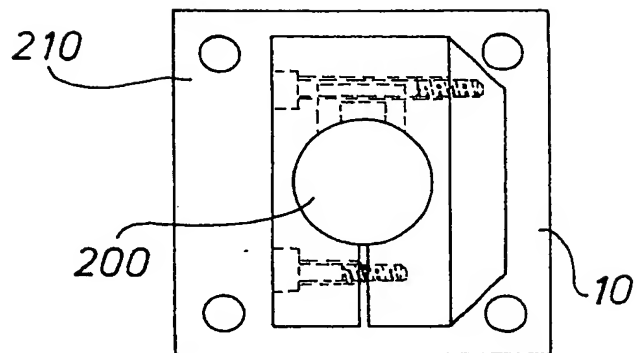
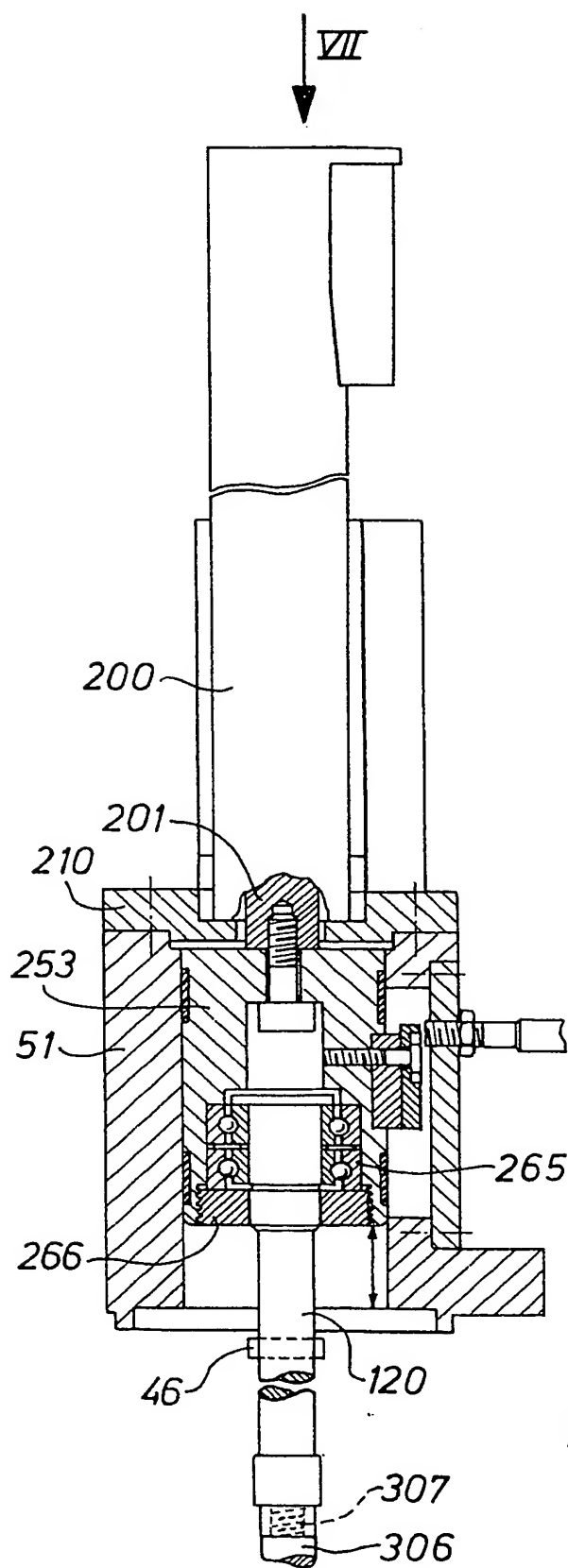
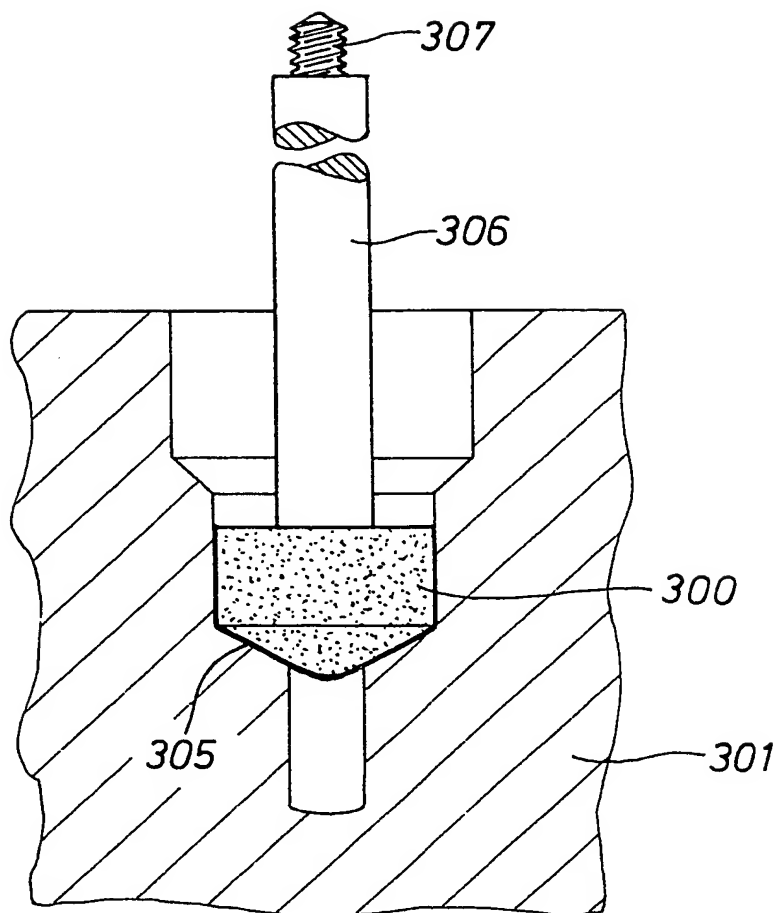


Fig. 7

Fig. 6

7/7

*Fig. 8*

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

National Application No

PCT/EP 03/00379

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B24B33/02 B24B41/02 B23Q5/10 B23Q5/28 B24B41/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B24B B23Q

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 196 46 142 A (NAGEL MASCH WERKZEUG) 14 May 1998 (1998-05-14) column 2, line 64 -column 3, line 10; figure 1	1-10
X	EP 0 893 196 A (TOYODA MACHINE WORKS LTD) 27 January 1999 (1999-01-27) page 12, column 2, line 58 -page 13, column 1, line 3; figure 7	1,2
A	US 3 645 047 A (GARNIER GEORGES) 29 February 1972 (1972-02-29) column 2, line 14 - line 17; figure 1	3
A	US 4 463 490 A (SAITO YOSHIKUNI ET AL) 7 August 1984 (1984-08-07) column 4, line 11 - line 17; figure 1	4-6
	--- -/-	



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 April 2003

Date of mailing of the international search report

06/05/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Do Huu Duc, J

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/00379

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2001/018321 A1 (HEIJKENSKJOLD MATS) 30 August 2001 (2001-08-30) paragraph '0014!; figure 1 -----	7

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 03/00379

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19646142	A	14-05-1998	DE 19646142 A1	14-05-1998
EP 0893196	A	27-01-1999	JP 11033856 A	09-02-1999
			JP 11216633 A	10-08-1999
			EP 0893196 A2	27-01-1999
			US 6161995 A	19-12-2000
US 3645047	A	29-02-1972	NONE	
US 4463490	A	07-08-1984	JP 56119365 A	18-09-1981
			DE 3050282 T0	07-10-1982
			EP 0046806 A1	10-03-1982
			GB 2081614 A , B	24-02-1982
			WO 8102404 A1	03-09-1981
US 2001018321	A1	30-08-2001	SE 512250 C2	21-02-2000
			AU 4941299 A	01-02-2000
			CN 1308569 T	15-08-2001
			DE 19983371 T0	13-06-2001
			JP 2002520172 T	09-07-2002
			SE 9802503 A	11-01-2000
			WO 0002705 A1	20-01-2000

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 B24B33/02 B24B41/02 B23Q5/10 B23Q5/28 B24B41/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 B24B B23Q

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 196 46 142 A (NAGEL MASCH WERKZEUG) 14. Mai 1998 (1998-05-14) Spalte 2, Zeile 64 - Spalte 3, Zeile 10; Abbildung 1	1-10
X	EP 0 893 196 A (TOYODA MACHINE WORKS LTD) 27. Januar 1999 (1999-01-27) Seite 12, Spalte 2, Zeile 58 - Seite 13, Spalte 1, Zeile 3; Abbildung 7	1,2
A	US 3 645 047 A (GARNIER GEORGES) 29. Februar 1972 (1972-02-29) Spalte 2, Zeile 14 - Zeile 17; Abbildung 1	3
A	US 4 463 490 A (SAITO YOSHIKUNI ET AL) 7. August 1984 (1984-08-07) Spalte 4, Zeile 11 - Zeile 17; Abbildung 1	4-6
	--- -/-	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

23. April 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

06/05/2003

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Do Huu Duc, J

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2001/018321 A1 (HEIJKENSKJOLD MATS) 30. August 2001 (2001-08-30) Absatz '0014!; Abbildung 1 -----	7

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 19646142	A	14-05-1998	DE	19646142 A1	14-05-1998
EP 0893196	A	27-01-1999	JP	11033856 A	09-02-1999
			JP	11216633 A	10-08-1999
			EP	0893196 A2	27-01-1999
			US	6161995 A	19-12-2000
US 3645047	A	29-02-1972	KEINE		
US 4463490	A	07-08-1984	JP	56119365 A	18-09-1981
			DE	3050282 T0	07-10-1982
			EP	0046806 A1	10-03-1982
			GB	2081614 A ,B	24-02-1982
			WO	8102404 A1	03-09-1981
US 2001018321	A1	30-08-2001	SE	512250 C2	21-02-2000
			AU	4941299 A	01-02-2000
			CN	1308569 T	15-08-2001
			DE	19983371 T0	13-06-2001
			JP	2002520172 T	09-07-2002
			SE	9802503 A	11-01-2000
			WO	0002705 A1	20-01-2000